

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 07-321046

(43)Date of publication of application : 08.12.1995

(51)Int.Cl.

H01L 21/205  
H01L 21/26  
H01L 21/304  
H01L 21/316  
H01L 21/68  
H01L 21/8242  
H01L 27/108

(21)Application number : 06-108125

(71)Applicant : HITACHI LTD

(22)Date of filing : 23.05.1994

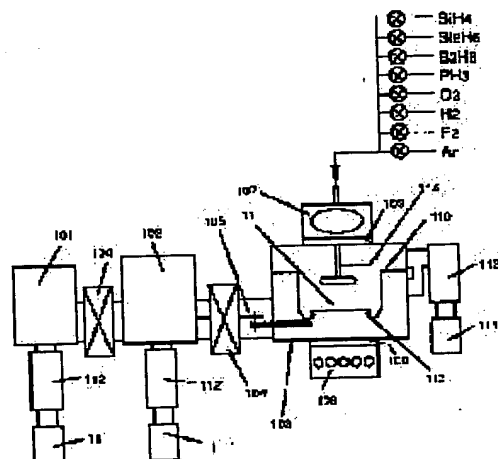
(72)Inventor : KOBAYASHI TAKASHI  
IJIMA SHINPEI

## (54) DEVICE AND METHOD FOR THIN FILM FORMATION

(57)Abstract:

PURPOSE: To provide LPCVD device and thin film forming method capable of suppressing the growth of an Si natural oxide film by neither decreasing throughput nor increasing the device cost as well as of forming high quality Si film and then a thin capacitor insulating film at low temperature.

CONSTITUTION: A wafer cleaning ultraviolet ray lamp 107 and a heating infrared ray lamp 106 are fitted to the film forming chamber 103 of a load lock type single wafer LPCVD device. After carrying a specimen substrate to the film forming chamber 103, firstly, while irradiating ultraviolet ray lamp, O<sub>3</sub> gas is led in to remove any organic matter on the wafer surface. Successively, while irradiating with the ultraviolet ray lamp, a mixed gas including H<sub>2</sub> and F<sub>2</sub> is led in to remove an Si natural oxide film. Later, the irradiation with the ultraviolet ray is stopped and the output of an infrared ray lamp is increased to raise the substrate temperature for the formation of the thin film such as an Si film, tantalum oxide film etc.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

Searching PAJ

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision  
of rejection][Date of requesting appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平7-321046

(43) 公開日 平成7年(1995)12月8日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

H 0 1 L 21/205

21/26

21/304

3 4 1 D

H 0 1 L 21/ 26

Z

27/ 10

3 2 5 J

審査請求 未請求 請求項の数29 O L (全 11 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号

特願平6-108125

(22) 出願日

平成6年(1994)5月23日

(71) 出願人 000005108

株式会社日立製作所

東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地

(72) 発明者 小林 孝

東京都国分寺市東恋ヶ窪1丁目280番地

株式会社日立製作所中央研究所内

(72) 発明者 飯島 晋平

東京都国分寺市東恋ヶ窪1丁目280番地

株式会社日立製作所中央研究所内

(74) 代理人 弁理士 小川 勝男

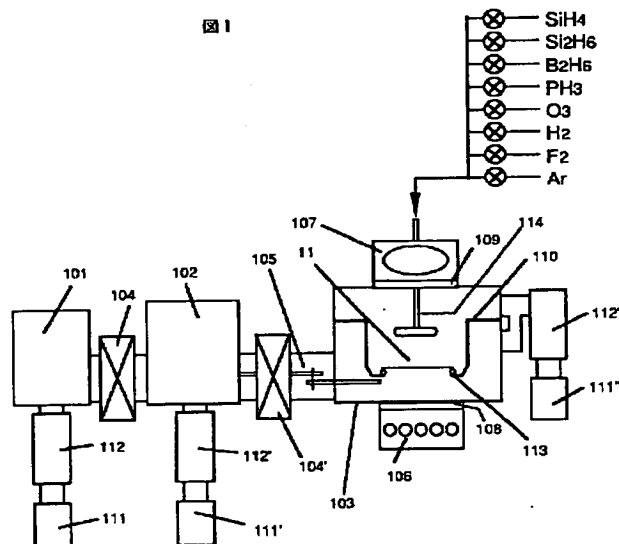
(54) 【発明の名称】 薄膜形成装置及び薄膜形成方法

(57) 【要約】

【目的】 スループットの低下や装置コストの増大なく S i 自然酸化膜の成長を抑制し、低温で高品質の S i 膜や薄いキャパシタ絶縁膜が形成可能な L P C V D 装置及び薄膜形成方法を提供する。

【構成】 ロードロック型枚葉 L P C V D 装置の成膜室 1 0 3 にウェハのクリーニング用紫外線ランプ 1 0 7 と加熱用赤外線ランプ 1 0 6 を装着する。試料基板を成膜室に搬送した後、まず、紫外線ランプを照射しながら O<sub>3</sub> ガスを導入してウェハ表面の有機物を除去する。続いて紫外線ランプを照射しながら H<sub>2</sub> と F<sub>2</sub> を含む混合ガスを導入し、S i 自然酸化膜を除去する。その後、紫外線の照射を停止し、赤外線ランプの出力を増大して基板温度を上昇し、S i 膜や酸化タンタル膜等の薄膜を形成する。

図 1



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】同一反応室に赤外線及び紫外線を照射する機構を具備したことを特徴とする薄膜形成装置。

【請求項 2】請求項 1 において、上記赤外線を照射する機構が薄膜堆積時のシリコンウェハの加熱に用いられる薄膜形成装置。

【請求項 3】請求項 1 において、上記紫外線を照射する機構がシリコンウェハ表面の酸化シリコン膜および／または有機物を除去する目的で使用される薄膜形成装置。

【請求項 4】請求項 1、2 または 3 において、上記赤外線と紫外線を照射する際のシリコンウェハ保持台が同一である薄膜形成装置。

【請求項 5】請求項 4 において、上記シリコンウェハ保持台が上記シリコンウェハの表面に垂直な方向に移動する機構を有する薄膜形成装置。

【請求項 6】請求項 4 または 5 において、上記赤外線照射機構と紫外線照射機構が対向し、赤外線がシリコンウェハの裏面から、紫外線が上記シリコンウェハの表面から照射される薄膜形成装置。

【請求項 7】請求項 1、2 または 3 において、上記赤外線と紫外線を照射する際のシリコンウェハ保持台が独立して存在する薄膜形成装置。

【請求項 8】請求項 7 において、上記赤外線、紫外線ともにシリコンウェハの表面から照射される薄膜形成装置。

【請求項 9】請求項 7 において、上記赤外線がシリコンウェハの裏面から、紫外線が上記シリコンウェハの表面から照射される薄膜形成装置。

【請求項 10】請求項 7 において、上記赤外線がシリコンウェハの両面から、紫外線が上記シリコンウェハの表面から照射される薄膜形成装置。

【請求項 11】請求項 1、2、3、4、5、6、7、8、9 または 10 において、上記紫外線を照射する機構と高真空状態を遮断する窓板の近傍の高真空側に、赤外光を遮断するシャッタを具備する薄膜形成装置。

【請求項 12】請求項 1、2、3、4、5、6、7、8、9、10 または 11 において、上記薄膜形成装置のガス導入部がシリコンウェハ上への紫外線及び赤外線の照射を遮断しない薄膜形成装置。

【請求項 13】請求項 1、2、3、4、5、6、7、8、9、10、11 または 12 において、上記薄膜形成装置がロードロック機構を有する薄膜形成装置。

【請求項 14】同一反応室内で、紫外線を照射しながらシリコンウェハ表面の薄膜もしくは付着物を除去する処理と赤外線を加熱源とした薄膜堆積を行うことを特徴とする薄膜形成方法。

【請求項 15】請求項 14 において、上記紫外線を照射しながらシリコンウェハ上の薄膜もしくは付着物を除去する処理を複数回行う薄膜形成方法。

【請求項 16】請求項 14 または 15 において、上記紫

外線を照射しながらシリコンウェハ上の薄膜もしくは付着物を除去する処理を行う際、反応室内にオゾンもしくはその混合ガスを導入する薄膜形成方法。

【請求項 17】請求項 14、15 または 16 において、上記紫外線を照射しながらシリコンウェハ上の薄膜もしくは付着物を除去する処理を行う際、反応室内に水素と、ハロゲン単体もしくはその化合物の少なくとも一つを含む混合ガスを導入する薄膜形成方法。

【請求項 18】請求項 14、15、16 または 17 において、上記紫外線を照射しながらシリコンウェハ上の薄膜もしくは付着物を除去する処理が上記シリコンウェハ表面のシリコン酸化膜および／または有機物を除去する処理である薄膜形成方法。

【請求項 19】請求項 14、15、16、17 または 18 において、上記紫外線を照射しながら上記シリコンウェハ上の薄膜もしくは付着物を除去する処理と薄膜堆積を異なる温度で行う薄膜形成方法。

【請求項 20】請求項 14、15、16、17、18 または 19 において、上記薄膜堆積の後、上記シリコンウェハの温度を上昇し、同一反応室内で熱処理を行う薄膜形成方法。

【請求項 21】請求項 14、15、16、17、18、19 または 20 において、上記薄膜堆積の際、紫外線の照射を停止する薄膜形成方法。

【請求項 22】請求項 14、15、16、17、18、19、20 または 21 において、上記薄膜堆積がシリコン膜である薄膜形成方法。

【請求項 23】請求項 22 において、上記シリコン膜が多結晶シリコン膜である薄膜形成方法。

【請求項 24】請求項 22 において、上記シリコン膜が非晶質シリコン膜である薄膜形成方法。

【請求項 25】請求項 22 において、上記シリコン膜がエピタキシャル成長膜である薄膜形成方法。

【請求項 26】請求項 22、23、24 または 25 において、上記シリコン膜が不純物を導入しながら堆積する薄膜形成方法。

【請求項 27】請求項 14、15、16、17、18、19、20 または 21 において、上記薄膜が窒化シリコン膜である薄膜形成方法。

【請求項 28】請求項 14、15、16、17、18、19、20 または 21 において、上記薄膜が酸化タンタル膜である薄膜形成方法。

【請求項 29】請求項 14、15、16、17、18、19、20 または 21 において、上記薄膜が金属膜である薄膜形成方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】本発明は薄膜形成装置及び薄膜形成方法に係り、特に、同一反応室内でクリーニングと膜堆積を連続して行うことにより、シリコン(Si)自然

酸化膜の成長を抑制し、高品質の薄膜を量産性良く形成する装置およびその方法に関する。

#### 【0002】

【従来の技術】減圧化学気相成長 (Low Pressure Chemical Vapor Deposition、略してLPCVD)法は、反応室を排気して減圧状態とし、基板を加熱しながら反応ガスを導入して熱分解により薄膜を形成する方法である。LSIの製造工程では、本方法によりエピタキシャルSi膜、多結晶Si膜、窒化シリコン (Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>)膜、シリコン酸化膜 (SiO<sub>2</sub>膜)等、多種の薄膜を形成している。

【0003】近年のSiウェハの大口径化に伴い、LPCVD法は従来の多数ウェハを同一反応室内で一括して処理するバッチ式に代わり、1枚ずつウェハを処理する枚葉型が注目されてきた。この場合、基板の加熱には赤外線ランプを用い、Siウェハのみを加熱するいわゆるコールドウォールタイプが主流となっている。また、Siウェハを洗浄後、反応室へロードする際にSi基板上にSi自然酸化膜が成長するのを抑制するために、LPCVD装置をカセット室、搬送室、反応室の3室により構成し、各室間のウェハ搬送は窒素中もしくは真空中とするロードロック機構を具備するのが一般的である。また、搬送室と成膜室の間にクリーニング室を設置し、Si自然酸化膜の成長を極力抑制する試みもなされている。本技術に関しては、例えば、月刊Semiconductor World 1992年9月号、102頁から107頁に記載されている。

#### 【0004】

【発明が解決しようとする課題】しかし、上記したクリーニング室を具備する枚葉ロードロック型LPCVD装置であっても、Siウェハを洗浄してから成膜を行う間の搬送中に自然酸化膜が成長してしまい、例えば、600℃程度の低温でのSiエピタキシャル成長を行った場合、Si膜中に結晶欠陥を多量に含み、実際のデバイス製造には適用できないという問題があった。また、ダイナミック・ランダム・アクセス・メモリ (DRAM)のキャパシタ絶縁膜となるSi<sub>3</sub>N<sub>4</sub>膜や酸化タンタル (Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub>)膜等を形成しようとした場合、誘電率の低いSi自然酸化膜の膜厚分が大となり、高集積化に不可欠なキャパシタ絶縁膜の薄膜化が困難であるといった問題があった。更にクリーニング室の追加によりウェハの搬送時間が大となりスループットの著しい低下をまねくといった問題や、装置コストの増大の問題もあった。

【0005】本発明の目的は、スループットの低下や装置コストの増大なくSi自然酸化膜の成長を抑制し、低温で高品質のSi膜や薄いキャパシタ絶縁膜が形成可能なLPCVD装置及び薄膜形成方法を提供することにある。

#### 【0006】

【課題を解決するための手段】上記目的は、

① 成膜室に紫外線照射機構を備える、

② 膜堆積時のウェハ加熱源として赤外線ランプを用いる、

③ レジスト除去によりリソグラフィ工程を終了し、その後ウェット洗浄を行ったウェハを成膜室に搬送した後、まず、紫外線を照射しながらオゾン (O<sub>3</sub>) ガスを導入する、

④ 続いて紫外線を照射しながら水素 (H<sub>2</sub>) とフッ素 (F<sub>2</sub>) を含む混合ガスを成膜室に導入する、

⑤ ③④の後、赤外線ランプにより瞬時にウェハを加熱し、LPCVD法により薄膜堆積を行う、

⑥ 上記一連の工程をベース圧力5×10<sup>-8</sup>Torr以下の高真空排気が可能な同一成膜室内で行う、により達成される。

#### 【0007】

【作用】上記方法によれば、紫外線を照射しながらO<sub>3</sub>ガスを導入することによりウェハ上に残存する有機物の除去が可能である。また、紫外線を照射しながらH<sub>2</sub>とF<sub>2</sub>を含む混合ガスを導入することによりウェハ上のSiO<sub>2</sub>膜、特にSi基板が露出している場所ではSi自然酸化膜の除去が可能となる。これら一連の処理をベース圧力の十分低い反応室内で行った後、同一反応室内に具備した赤外線ランプにより瞬時にウェハを加熱し、例えばSiH<sub>4</sub>といったSi膜形成用のガスを導入すれば、不要な自然酸化膜が形成される前に所望とする膜の堆積を開始でき、例えば従来より低温でも欠陥密度の低いエピタキシャルSi膜が形成可能である。また、下地基板にSi基板とSiO<sub>2</sub>膜がともに露出している場合には、従来より低温でSi基板上にのみ選択的にSi膜を形成することができる。また、Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>膜やTa<sub>2</sub>O<sub>5</sub>膜等を多結晶Si膜上に形成し、DRAMのキャパシタ絶縁膜として用いる場合には、誘電率の小さなSi自然酸化膜の形成を抑制することができ、キャパシタ絶縁膜の実効的な薄膜化が可能となる。従って、小さなキャパシタ面積でもより大きな容量が得られるので、メモリの高集積化に有効である。

【0008】更に、本発明によれば、クリーニング室が不要となるので、ウェハの搬送時間を低減でき、スループットの向上も図れる。また、装置の低コスト化も図れる。

【0009】なお、一連の工程はSi以外のLPCVD法を用いた薄膜形成、例えばタングステン (W) や窒化チタン (TiN) といった金属膜でも、自然酸化膜の減少による接触抵抗の低減やスループット向上、低コスト化という点で有効である。また、Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub>膜以外の高誘電率膜の形成でもキャパシタ容量の増大に効果がある。

#### 【0010】

##### 【実施例】

(実施例1) 本実施例では、本発明による薄膜形成装置の概略及び薄膜形成方法について述べる。

【0011】図2に示す手順により試料11を作成し

た。まず、p型、 $10\Omega\text{cm}$ 、面方位(100)のSi基板201上に $100\text{nm}$ の熱酸化膜202を形成した(図2(a))。続いて公知のリソグラフィとドライエッチング技術により、Si基板201に達する微細な、例えば、 $0.5\mu\text{m}$ 以下の孔やラインアンドスペースを含むパターン203を形成した。その後、公知のアッシング技術によりレジストを除去した後、オゾンを導入した硫酸水溶液中、アンモニア/過酸化水素水溶液中、フッ酸水溶液中で順次ウェット洗浄を行い試料を完成した(図2(b))。

【0012】図1は本発明による薄膜形成装置の側面図である。本装置は、カセット室101、搬送室102、成膜室103の3室と、各室間を遮断するゲートバルブ104、104'、及び各室間のウェハ搬送を行う搬送機105より構成される公知のロードロック枚葉型LPCVD装置の成膜室に新規の機構を装着したものである。成膜室103には、赤外線ランプ106とこれに対向して紫外線ランプ107、例えば、波長 $254\text{nm}$ の低圧水銀ランプが装着されている。

【0013】赤外線ランプ106はSiウェハの裏面側、紫外線ランプ107は表面側に設置され、それぞれSiウェハの加熱及びSiウェハのクリーニングに用いる。赤外線ランプ106及び紫外線ランプ107と高真空状態は、それぞれ石英製の窓108及び109により遮断されている。また、赤外線ランプの輻射熱を受ける部分は石英管110で被われている。なお、本実施例では、赤外線ランプ106としてハロゲンランプを複数本並べたものを用いた。カセット室101、搬送室102、成膜室103はそれぞれ独立したドライポンプ111、111'、111''とターボ分子ポンプ112、112'、112''により排気され、成膜処理を行わない場合はカセット室は $5\times 10^{-7}\text{Torr}$ 以下、搬送室及び成膜室は $5\times 10^{-8}\text{Torr}$ 以下の高真空に保持されている。

【0014】薄膜形成方法は以下の通りである。まず、カセット室101を $\text{N}_2$ ガスにより置換して大気圧とした後、ここに試料基板11を装着する。続いてカセット室内を $5\times 10^{-7}\text{Torr}$ 以下に排気した後、ゲートバルブ104を開け、搬送機105により試料基板11をカセット室から搬送室102へと搬送する。ゲートバルブ104を閉めた後、ゲートバルブ104'を開け、試料基板11を搬送室から成膜室103へと搬送し、石英製のウェハ保持台113に載せる。

【0015】その後、紫外線ランプ107を照射しながらガス導入部114より $\text{O}_3$ を成膜室内に導入し、試料基板11に残存する有機物の除去を行った。この際、赤外線ランプ106の照射により試料基板温度は $250^\circ\text{C}$ とした。処理時間は60秒である。

【0016】その後、 $\text{O}_3$ の供給を停止し成膜室内を再び高真空に排気した後、赤外線ランプ106の照射を停止して試料基板温度を室温とし、紫外線ランプを照射し

ながら $\text{H}_2$ 、 $\text{F}_2$ 、 $\text{Ar}$ の混合ガスを成膜室へ導入して、試料基板11のSiが露出している部分に存在するSi自然酸化膜を実効的に無視できる厚さまで除去した。

【0017】その後、紫外線ランプの照射及び $\text{H}_2$ 、 $\text{F}_2$ 、 $\text{Ar}$ の混合ガスの供給を停止し、成膜室内を再び高真空に排気した後、赤外線ランプ106を再び照射して基板温度を上昇しながら $\text{SiH}_4$ 及び $\text{H}_2$ ガスを成膜室に導入し、試料基板11上にSi膜を形成した。この際、赤外線ランプの強度は試料基板温度が $600^\circ\text{C}$ となった段階で一定とした。所定の時間成膜を行った後、赤外線ランプの照射及びガスの導入を停止した。

【0018】その後、成膜室を高真空まで排気した後、ゲートバルブ104'を開け、搬送機105により試料基板11を搬送室102へ搬送し、続いてゲートバルブ104'を閉め、ゲートバルブ104を開けてカセット室101へと搬送した。その後、ゲートバルブ104を閉め、カセット室に $\text{N}_2$ ガスを導入して大気圧として試料基板を取り出した。

【0019】この方法により作成した試料をウェハ表面に垂直な方向に劈開し、その断面を走査型電子顕微鏡及び透過型電子顕微鏡で観察したところ、図2(c)に示したように、Si基板が露出している部分では、従来技術より欠陥密度の小さいSi膜204がエピタキシャル成長しているのが観察された。また、熱酸化膜202上にはSiの析出は全く観察されなかった。

【0020】図3(a)は、本発明の成膜シーケンスを示したものである。比較のため、図3(b)に、成膜室とは別に専用のクリーニング室を設け、ここに紫外線を照射しながら $\text{O}_3$ 、更に $\text{H}_2$ と $\text{F}_2$ を含む混合ガスを導入してクリーニングを行い、その後、成膜室でSi膜を形成した場合のシーケンスも示した。クリーニングを成膜と同一の反応室で行うことにより、搬送工程を2回省略でき、1枚のウェハをカセットより取出してからカセットに戻すまでに要する時間が15%削減できた。また、クリーニング室の削減により、ステンレスチャンバ1個とこれに付帯する搬送機や真空ポンプが不要となり、装置コストが20%低減できた。なお、図3(b)に示したシーケンスによりSi膜形成を行ったところ、図3(a)のシーケンスに比べSi膜中の欠陥密度は大幅に増大した。

【0021】本実施例によれば、成膜室に紫外線照射機構を具備した赤外線ランプ加熱型の枚葉ロードロックLPCVD装置を用い、紫外線照射をしながら $\text{O}_3$ ガスを導入して有機物を除去した後、同一反応室内で再び紫外線を照射しながら $\text{H}_2$ 及び $\text{F}_2$ を含む混合ガスを導入してSi自然酸化膜を除去し、続いて同一反応室内でSi膜を形成することにより、従来より欠陥密度の低いエピタキシャル成長膜を選択性良く形成できる。また、膜形成工程の高スループット化、半導体製造装置の低コスト化

という点でも効果がある。

【0022】(実施例2) 本実施例では、実施例1で示した薄膜形成装置を用いて非晶質Si膜を形成し、これを同一成膜室内で熱処理して固相エピタキシャル成長させた結果について述べる。試料の作成手順を図4に示す。

【0023】試料基板には図2(b)と同様、p型10Ωcm面方位(100)のSi基板201に熱酸化膜202を形成し、これをパターニングして部分的にSi基板を露出させたものを用いた(図4(a))。本試料基板を図1に示した薄膜形成装置のカセット室101に装着し、実施例1と同一の方法により成膜室103へ搬送した後、赤外線ランプ106の照射により試料基板を250℃に保持しながら紫外線ランプ107を照射してO<sub>3</sub>を成膜室内に導入し、試料基板11に残存する有機物を除去した。その後、O<sub>3</sub>の供給を停止し、成膜室内を再び高真空中に排気した後、赤外線ランプの照射を停止して試料基板温度を室温とし、紫外線ランプを照射しながらH<sub>2</sub>, F<sub>2</sub>, Arを含む混合ガスを成膜室へ導入して、試料基板11のSiが露出している部分に存在する自然酸化膜を実効的に無視できる厚さまで除去した。

【0024】その後、紫外線ランプの照射及びH<sub>2</sub>, F<sub>2</sub>, Arの混合ガスの供給を停止し、成膜室内を再び高真空中に排気した後、赤外線ランプ106の照射強度を増大して基板温度を上昇させながらSi<sub>2</sub>H<sub>6</sub>を含むガスを成膜室に導入し、試料基板11上にSi膜を形成した。この際、赤外線ランプの強度は試料基板温度が480℃となった段階で一定とした。なお、本温度で形成したSi膜は堆積したままの状態では非晶質である。

【0025】所定の時間成膜を行った後、ガスの導入を停止し、成膜室を高真空中まで排気した。その後、赤外線ランプ106の照射強度を増大して基板温度を600℃とし、形成した非晶質Si膜を結晶化した。その後、実施例1と同一の方法により試料を搬送してカセット室より取り出した。

【0026】試料基板をウェハ表面に垂直な方向に劈開し、その断面を走査型電子顕微鏡及び透過型電子顕微鏡で観察したところ、Si膜は、図4(b)に示したように、Si基板が露出している部分では基板をシードとしてSiO<sub>2</sub>上まで固相エピタキシャル成長していた(図4(b)の205)。エピタキシャル成長膜中の欠陥密度は従来のLPCVD法で形成したSi膜に比べて小さいものであった。なお、Si基板が露出した部分から離れた熱酸化膜上ではSi膜は多結晶状態(図4(b)の206)であった。

【0027】本実施例によれば、従来のLPCVD法を用いた場合に比べて欠陥密度の小さい横方向固相エピタキシャル成長膜が得られる。なお、本実施例ではSi<sub>2</sub>H<sub>6</sub>を原料ガスに用い、不純物を含まない非晶質Si膜を形成した例について述べたが、原料ガスにB<sub>2</sub>H<sub>6</sub>等を

添加してIII族元素をSi膜中に導入したりPH<sub>3</sub>やAsH<sub>3</sub>等を添加してV族元素を膜中に導入しても同様の効果が得られる。

【0028】(実施例3) 本実施例では、本発明による薄膜形成装置により不純物を導入したSi膜及び酸化タンタル膜を形成し、これをMOSキャパシタの蓄積電極及び絶縁膜に用いた結果について述べる。作成したMOSキャパシタの断面構造を図5に示す。

【0029】まず、n型、0.01Ωcm、面方位(100)のSi基板301に公知の選択酸化法により素子分離膜302を形成した。続いて試料を洗浄した後、これを図1に示した薄膜形成装置に導入し、実施例1と同一の条件により紫外線を照射しながらO<sub>3</sub>及びH<sub>2</sub>とF<sub>2</sub>を含む混合ガスを順次流し、Si基板に残存する有機物及びSi自然酸化膜を実効的に無視できる量まで除去した。その後、紫外線ランプの照射及びガスの供給を停止し、成膜室内を再び高真空中に排気した後、赤外線ランプの照射強度を増大して基板温度を上昇しながらSi<sub>2</sub>H<sub>6</sub>とPH<sub>3</sub>を含むガスを成膜室に導入し、Si膜303を形成した。この際、基板温度は480℃となった段階で一定とした。本温度で形成したSi膜は堆積したままの状態では非晶質である。所定の時間ガスを流した後、その供給を停止し、続いて基板温度を600℃まで上昇して、実施例2で述べた方法によりSi基板が露出している部分の非晶質Si膜を固相エピタキシャル成長により結晶化して単結晶状態とした。

【0030】次に試料を装置より取り出し、Si膜303を公知のリソグラフィとドライエッチング技術により加工して蓄積電極とした。続いて試料を洗浄した後、これを図6に示した装置に導入した。図6の装置ではTa<sub>2</sub>O<sub>5</sub>膜堆積用の有機ソースガスであるペンタエトキシタンタル(Ta(OC<sub>2</sub>H<sub>5</sub>)<sub>5</sub>)とO<sub>2</sub>が供給できる点が、図1の実施例と異なっている。まず、Si膜の堆積の際と同様の方法により紫外線照射しながらO<sub>3</sub>及びH<sub>2</sub>とF<sub>2</sub>を含む混合ガスを順次流し、Si膜303上に残存する有機物及びSi自然酸化膜を実効的に無視できる量まで除去した。その後、紫外線ランプの照射及びガスの供給を停止し、成膜室内を再び高真空中に排気した後、赤外線ランプの照射強度を増大して基板温度を上昇しながらTa(OC<sub>2</sub>H<sub>5</sub>)<sub>5</sub>とO<sub>2</sub>を流し、酸化タンタル膜304を形成した。その後試料を装置より取り出した後、公知の技術により酸化タンタル膜の緻密化を行った。

【0031】その後、スパッタ法により窒化チタン(TiN)膜304を堆積し、これを公知の技術により加工してプレート電極としてMOSキャパシタを完成させた。

【0032】本方法により作成したMOSキャパシタの容量-電圧特性を測定したところ、従来のロードロック型LPCVD法を用いて形成した酸化タンタル膜の場合より実効的に薄い絶縁膜が形成されていることが明らか

となった。また、Si 基板 301 とリンを導入した Si 膜 303 間の接触抵抗も低減された。

【0033】本実施例によれば、成膜室に紫外線照射機構を具備した赤外線ランプ加熱型の枚葉ロードロック PCVD 装置を用い、紫外線照射をしながら  $O_3$  ガスを導入して有機物を除去した後、同一反応室内で再び紫外線を照射しながら  $H_2$  及び  $F_2$  を含む混合ガスを導入して Si 自然酸化膜を除去し、続いて同一反応室内で非晶質 Si 膜を形成してこれを熱処理する、更に同様の紫外線照射クリーニングの後酸化タンタル膜を形成することにより、従来に比べ薄いキャパシタ絶縁膜が形成できる。また、電極と Si 基板間の接触抵抗が低減できる。

【0034】なお、本実施例では n 型の Si 基板を用い、リンを導入しながら非晶質 Si 膜を形成したが、p 型の Si 基板を用い、ボロンを導入しながら非晶質状態で Si 膜を形成しても同様の効果が得られる。また、Si 膜に代えてタングステン (W) 等の金属膜を堆積しても同様の効果が得られる。

【0035】また、酸化タンタル膜に代えて  $Si_3N_4$  膜を形成し、この上に酸化膜を形成し、これをキャパシタ絶縁膜に用いても同様の効果が得られる。

【0036】(実施例 4) 本実施例は、実施例 1 で示した薄膜形成装置のガス導入部の形状を変えることにより紫外線の照射効率を高め、有機物除去を容易にしたものである。

【0037】装置の側断面図を図 7 に示す。カセット室、搬送室及び搬送機は図 1 と同一であり、同図には成膜室のみを示した。図 1 との違いはガス導入部の形状である。図 1 では、ガス導入部が試料基板直上に存在するため、紫外線の一部分がガス導入部により遮断されてしまう。これに対し、図 7 ではガス導入部が試料基板の外周部より外にあるため、試料基板面内で均一な紫外線照射が可能となる。

【0038】クリーニング方法及び膜堆積方法は実施例 1 と同様である。まず、実施例 1 と同様にカセット室に装着した試料基板を搬送室へ搬送し、搬送室と成膜室間のゲートバルブを開けて試料基板を保持台 113 へ移載した。その後、紫外線を照射しながら  $O_3$  ガスを流し基板上の有機物を、また  $H_2$  と  $F_2$  を含む混合ガスを導入して Si 自然酸化膜を除去した。試料基板温度は実施例 1 と同一である。続いて成膜室を排気し、赤外線ランプの出力を上昇して基板温度を上げ、 $600^\circ\text{C}$  で  $SiH_4$  と  $H_2$  を流して Si 膜を形成した。

【0039】試料を基板表面に垂直な面に沿って劈開し、透過型電子顕微鏡及び走査型電子顕微鏡により観察したところ、実施例 1 に比べても欠陥密度の小さい Si 膜が Si 基板に露出している部分上のみ選択性良くエピタキシャル成長していた。

【0040】本実施例によれば、ガス導入部が基板上に照射される紫外線を遮断することがない。その結果、試

料基板表面上で均一な紫外線強度を得ることができる。そのため実施例 1 に比べ試料基板上に残存する有機物及び自然酸化膜の量が減少し、更に欠陥密度の小さいエピタキシャル成長膜が選択性良く形成した。

【0041】(実施例 5) 本実施例では、成膜室における赤外線ランプと紫外線ランプの配置を変えた他の実施例について述べる。

【0042】図 8 に本実施例における成膜室の側断面図を示す。カセット室、搬送室、ゲートバルブ及び搬送機は実施例 1 と同様であり、図 8 では省略してある。実施例 1 との違いは、成膜室に装備するウェハ保持台を成膜用 115 とクリーニング用 116 の二つに分離し、クリーニング時の加熱専用の赤外線ランプ 117 を付加したことである。同赤外線ランプ 117 は成膜用の赤外線ランプ 106 に比べて出力が小さく、 $300^\circ\text{C}$  以下の低温加熱に適した設計となっている。クリーニング及び成膜方法は以下の通りである。

【0043】まず、実施例 1 と同様にカセット室に装着した試料基板を搬送室へ搬送し、搬送室と成膜室間のゲートバルブを開けて試料基板を紫外線照射クリーニング用のウェハ保持台 116 へ移載した。その後、赤外線ランプ 117 により試料を加熱しながら紫外線を照射し、ガス導入部 118 より  $O_3$  を導入して試料基板上に残存する有機物を除去した。クリーニング条件は実施例 1 と同様である。その後、成膜室をいったん排気した後、紫外線を照射しながらガス導入部より  $H_2$  と  $F_2$  を含む混合ガスを流して試料基板上の Si 自然酸化膜を除去した。その後、ガスの供給を停止し、成膜室内を排気しながら搬送機 (図 8 では省略してある) により試料基板を成膜用ウェハ保持台 115 へ搬送した。続いて赤外線ランプ 106 を照射して試料基板を  $600^\circ\text{C}$  に加熱し、実施例 1 と同様、ガス導入部 114 より  $SiH_4$  と  $H_2$  を含む混合ガスを流して Si 膜を形成した。

【0044】この方法により作成した試料をウェハ表面に垂直な方向に劈開し、その断面を走査型電子顕微鏡及び透過型電子顕微鏡で観察したところ、Si 基板が露出している部分では、実施例 1 より更に欠陥密度の小さい Si 膜がエピタキシャル成長しているのが観察された。また、熱酸化膜上には Si の析出は全く観察されなかった。

【0045】図 9 及び図 10 は、クリーニング用のウェハ保持台と成膜用のウェハ保持台を分離した別の薄膜形成装置の例を示したものである。図 9 及び図 10 と図 8 の違いは、成膜加熱用赤外線ランプの照射方向にあり、図 8 の例が試料基板裏面からの照射であるのに対し、図 9 の例では基板の表面から照射を行っている。また、図 10 の例では二つの赤外線ランプ 106 と 120 を具備し、基板の両面から照射を行っている。

【0046】図 9 及び図 10 に示した薄膜形成装置を用いると、図 8 に示した装置と同様、従来技術及び実施例



1に比べ欠陥密度の小さいエピタキシャルSi膜を選択性良くSi基板が露出している部分にのみ成長することが可能であった。

【0047】本実施例によれば、クリーニングと成膜のウェハ保持台を別とすることにより紫外線ランプが成膜用赤外線ランプの輻射熱を受けにくくなる。従って、実施例1に比べ、紫外線ランプと試料基板、及び成膜用赤外線ランプと試料基板の距離を小さくすることができる。その結果、試料基板表面における単位面積当りの紫外線強度が大となり、有機物及び自然酸化膜の除去効率が増大する。そのため実施例1に比べ試料基板上に残存する有機物及び自然酸化膜の量が減少し、更に欠陥密度の小さいエピタキシャル成長膜を選択性良く形成できた。また、成膜時、実施例1に比べ小さな電力で試料基板の加熱が可能であった。なお、本実施例によると、クリーニング用のウェハ保持台116から成膜用のウェハ保持台115への試料基板搬送が必要となるが、本搬送は移動距離が小さく、また、 $H_2$ と $F_2$ を含む混合ガスを排気する間に完了するため、スループットの低下をまねくことはない。

【0048】(実施例6) 本実施例は、実施例1で示した薄膜形成装置のウェハ保持台に昇降機構を具備し、クリーニングと成膜のウェハ保持台を共通としても紫外線ランプの照射効率を高め、有機物除去を容易にしたものである。

【0049】装置の側断面図を図11に示す。カセット室、搬送室及び搬送機は図1と同一であり、同図には成膜室のみを示した。

【0050】まず、実施例1と同様にカセット室に装着した試料基板を搬送室へ搬送し、搬送室と成膜室間のゲートバルブを開けて試料基板をウェハ保持台113へ移載した。続いて昇降機119を用いてウェハ保持台113を上昇し、紫外線ランプ107と試料基板11の距離を小さくした(図11(a))。その状態で、実施例1と同様に紫外線を照射しながら $O_3$ ガスを流し基板上有機物を、また $H_2$ と $F_2$ を含む混合ガスを流してSi自然酸化膜を除去した。試料基板温度は実施例1と同一である。続いて成膜室を排気しながらウェハ保持台113を下げ、赤外線ランプの出力を上昇して基板温度を上げ、600℃で $SiH_4$ と $H_2$ を流してSi膜を形成した(図11(b))。

【0051】試料を基板表面に垂直な面に沿って劈開し、透過型電子顕微鏡及び走査型電子顕微鏡により観察したところ、実施例1に比べても欠陥密度の小さいSi膜がSi基板に露出している部分上にのみ選択性良くエピタキシャル成長していた。

【0052】本実施例によれば、紫外線ランプと赤外線ランプの間隔を大きくして紫外線ランプが成膜用赤外線ランプの輻射熱を受けにくい構造としても、昇降機構により紫外線ランプと試料基板の距離を小さくすることが

できる。その結果、試料基板表面における単位面積当りの紫外線強度を大きくとることができ、有機物及びSi自然酸化膜の除去が容易となる。そのため実施例1に比べ試料基板上に残存する有機物及び自然酸化膜の量が減少し、更に欠陥密度の小さいエピタキシャル成長膜が選択性良く形成した。なお、本実施例におけるウェハ保持台の昇降は導入したガスを排気する間に完了するため、スループットの低下をまねくことはない。

【0053】(実施例7) 本実施例では、実施例1で示した薄膜形成装置の紫外線ランプの直下にシャッタを装着し、加熱用赤外線ランプを照射した際の紫外線ランプ窓の温度上昇と膜の付着を防止した結果について述べる。

【0054】装置の側断面図を図12に示す。カセット室、搬送室及び搬送機は図1と同一であり、同図には成膜室のみを示した。図1との違いは紫外線ランプ窓109の近傍の高真空側にシャッタ121を装着したことである。

【0055】まず、実施例1と同様にカセット室に装着した試料基板を搬送室へ搬送し、搬送室と成膜室間のゲートバルブを開けて試料基板を保持台113へ移載した。この際、シャッタ121は開いた状態にあり、紫外線ランプ107及びその窓109は赤外光の照射を受けることになる。この状態で、実施例1と同様に紫外線を照射しながら $O_3$ ガスを流し基板上有機物を、また、 $H_2$ と $F_2$ を含む混合ガスを流してSi自然酸化膜を除去した。なお、本クリーニングは、例えば、250℃以下の低温で行われるため赤外線ランプの出力は小さく、紫外線ランプ107及び窓109が高温になる心配はない(図12(a))。

【0056】続いて成膜室を排気しながらシャッタ121を閉め、紫外線ランプ107及びその窓109が赤外線ランプの照射に曝されないようにした(図12(b))。この状態で赤外線ランプの出力を上昇して基板温度を上げ、600℃で $SiH_4$ と $H_2$ を流してSi膜を形成した。

【0057】試料を基板表面に垂直な面に沿って劈開し、透過型電子顕微鏡及び走査型電子顕微鏡により観察したところ、従来技術及び実施例1に比べても欠陥密度の小さいSi膜がSi基板に露出している部分上にのみ選択性良くエピタキシャル成長していた。

【0058】本実施例によれば、紫外線ランプユニットが成膜用赤外線ランプの照射に曝されなくなる。従って成膜加熱時の熱の影響を受けにくくなるので、赤外線ランプと試料基板、及び紫外線ランプと試料基板の距離を小さくすることが可能となる。よって、試料基板表面における単位面積当りの紫外線強度を大きくとることができ、有機物及びSi自然酸化膜の除去が容易となる。そのため実施例1に比べ試料基板上に残存する有機物及び自然酸化膜の量が減少し、更に欠陥密度の小さいエピ

タキシャル成長膜が選択性良く形成した。また、同一温度に加熱しようとした際、赤外線ランプ出力を小さくすることができる。よって、装置の省電力化にも有効である。また、シャッタの装着により紫外線ランプ窓への膜の堆積を防止できるので、多数枚のウェハ処理を行っても紫外線ランプ強度を一定に保つことができる。なお、本実施例におけるシャッタの開閉は導入したガスを排気する間に完了するため、スループットの低下をまねくことはない。

【0059】なお、実施例4から7では選択エピタキシャルSi膜形成を例に説明したが、実施例2と同様、非晶質状態でSi膜を堆積し、これを固相エピタキシャル成長させても欠陥密度の低減という点で効果がある。また、Si膜に代えてW、TiNといった金属膜に適用しても、コンタクト抵抗の低減、スループットの向上、装置の低コスト化という点で効果がある。また、実施例3のように酸化タンタル膜あるいは窒化シリコン膜を形成し、これをキャパシタ絶縁膜に用いても、実効膜厚の減少という点で効果がある。

【0060】また、実施例4から7のそれぞれで述べた機構を他の実施例の薄膜形成装置に付加しても同様の効果が得られる。

【0061】

【発明の効果】本発明によれば、高真空の同一反応室内で基板上の有機物及びSi酸化膜を除去した後、自然酸化膜を成長させることなく同一反応室内で続けて減圧化学気相成長法によりSi、Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>、酸化タンタル等の薄膜を形成することができる。これにより、エピタキシャルSi膜の結果密度の低減や選択性の向上、キャパシタ絶縁膜の薄膜化が可能となる。従って、LSIの高性能化、高集積化に極めて有効である。

【0062】また、クリーニング室が不要となるので基板の搬送時間が短縮され、スループットの向上が図れ

る。更に装置コストの低減にも有効である。従って、LSIプロセス全体の低コスト化にも有効である。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の薄膜形成装置の側断面図。

【図2】実施例で用いた試料の作成手順とSi膜の成長結果を示す説明図。

【図3】本発明と従来技術のプロセスシーケンスの比較のための説明図。

【図4】実施例で用いた試料の作成手順とSi膜の結晶化の結果を示す説明図。

【図5】本発明の装置を用いて作成したMOSキャパシタの断面図。

【図6】酸化タンタル膜形成装置の側断面図。

【図7】ガス導入部が異なる薄膜形成装置の側断面図。

【図8】クリーニング用と成膜用のウェハ保持台を分離した装置の側断面図。

【図9】クリーニング用と成膜用のウェハ保持台を分離した別の装置の側断面図。

【図10】クリーニング用と成膜用のウェハ保持台を分離したもう一つの装置の側断面図。

【図11】昇降機構を有する薄膜形成装置の側断面図。

【図12】紫外線ランプ窓にシャッタを有する薄膜形成装置の側断面図。

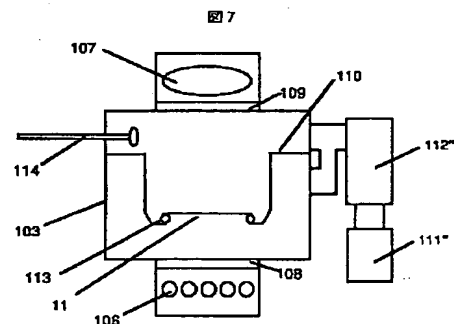
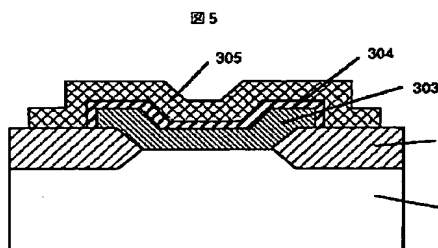
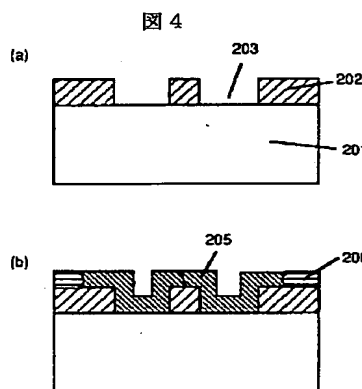
【符号の説明】

11…試料基板、101…カセット室、102…搬送室、103…成膜室、104、104'…ゲートバルブ、105…搬送機、106…赤外線ランプ、107…紫外線ランプ、108…赤外線ランプ窓板、109…紫外線ランプ窓板、110…石英管、111、111'、111''…ドライポンプ、112、112'、112''…ターボ分子ポンプ、113…ウェハ保持台、114…ガス導入部。

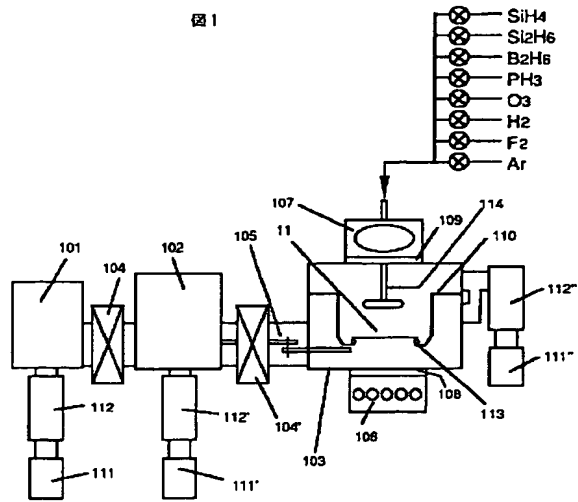
【図4】

【図5】

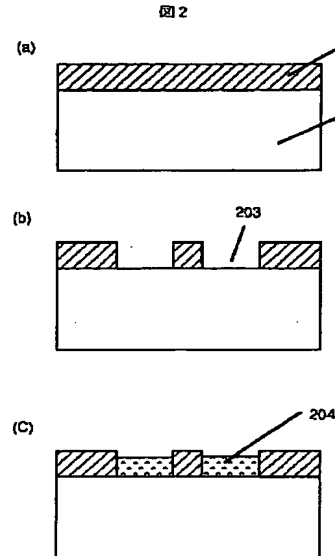
【図7】



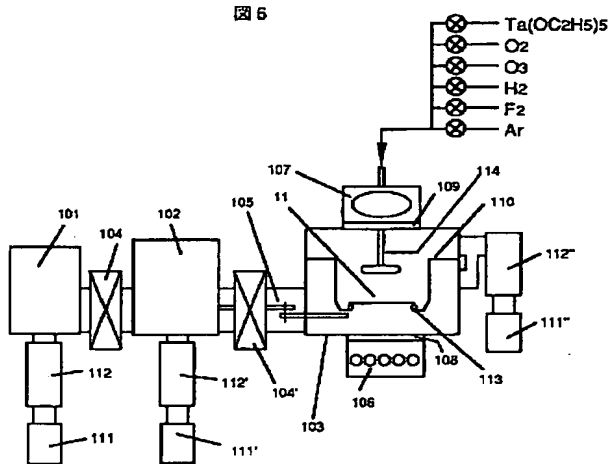
【図1】



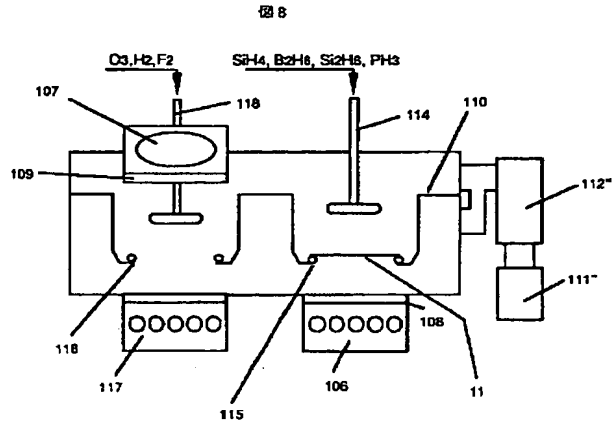
【図2】



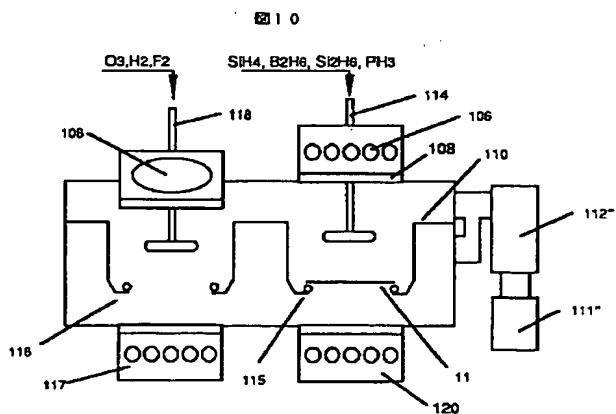
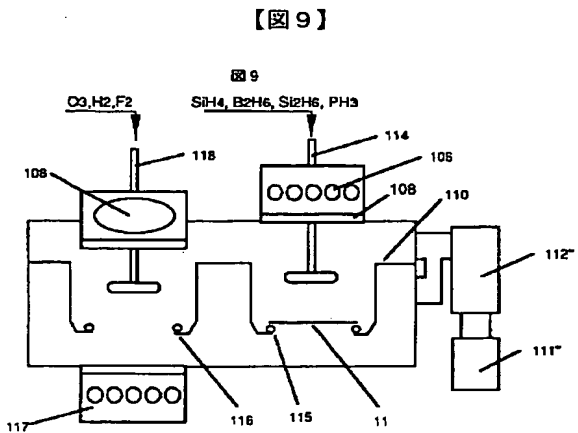
【図6】



【図8】



【図10】



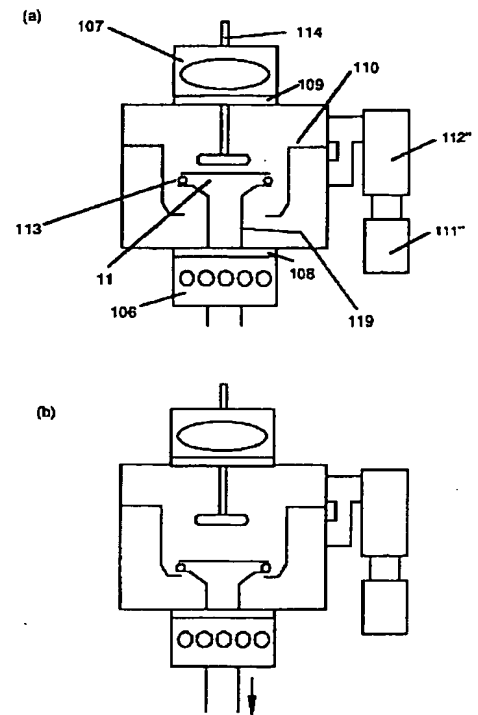
【図3】

図3

(b) 本発明	(a) 従来技術
カセット室排気	カセット室排気
搬送(カセット室→搬送室)	搬送(カセット室→搬送室)
搬送(搬送室→成膜室)	搬送(搬送室→クリーニング室)
紫外線照射O <sub>3</sub> クリーニング	紫外線照射O <sub>3</sub> クリーニング
成膜室排気	クリーニング室排気
紫外線照射H <sub>2</sub> /F <sub>2</sub> クリーニング	紫外線照射H <sub>2</sub> /F <sub>2</sub> クリーニング
成膜室排気	クリーニング室排気
膜形成	搬送(クリーニング室→搬送室)
	搬送(搬送室→成膜室)
成膜室排気	成膜室排気
搬送(成膜室→搬送室)	膜形成
搬送(カセット室→搬送室)	成膜室排気
カセット室大気圧化	搬送(成膜室→搬送室)
	搬送(カセット室→搬送室)
	カセット室大気圧化

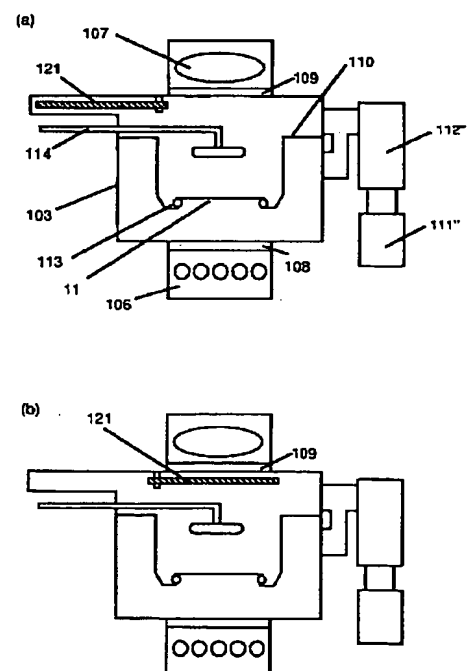
【図11】

図11



【図12】

図12



## フロントページの続き

(51) Int. Cl. 6

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

H O 1 L 21/316

S

21/68

A

21/8242

27/108